

---

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

First Semester Examination  
Academic Session 2016/2017

December 2016 / January 2017

**EEK 468/3 – ELECTRICAL MACHINE AND DRIVES**

***[MESIN DAN PACUAN ELEKTRIK]***

*Duration : 3 hours  
[Masa : 3 jam]*

---

Please check that this examination paper consists of **NINE (9)** pages of printed material before you begin the examination. This examination paper consists of two versions, The English version and Malay version. The English version from page **TWO (2)** to page **FIVE (5)** and Malay version from page **SIX (6)** to page **NINE (9)**.

*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini. Kertas peperiksaan ini mengandungi dua versi, versi Bahasa Inggeris dan Bahasa Melayu. Versi Bahasa Inggeris daripada muka surat **DUA (2)** sehingga muka surat **LIMA (5)** dan versi Bahasa Melayu daripada muka surat **ENAM (6)** sehingga muka surat **SEMBILAN (9)**.*

**Instructions:** This question paper consists **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

**[Arahan:** Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama]

Answer to any question must start on a new page

*[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baharu].*

**“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.**

***[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].***

**ENGLISH VERSION**

1. DC motors are still widely used in the industry today due to their unique characteristics. They drive devices such as hoists, fans, pumps and hybrid vehicles.
  - (a) Describe one advantage and one drawback of DC motors in comparison with AC motors?  
(20 marks)
  - (b) The speed of series dc motor will drop when temperature increases while the speed of shunt dc motor will increase as temperature increases. Explain why?  
(25 marks)
  - (c) The armature of permanent magnet dc generator has a resistance of  $1\Omega$  and generates a voltage of 50V when the speed is 500 rev/min. If the armature is connected to a source of 150V, calculate;
    - (i) The starting current  
(10 marks)
    - (ii) The back emf when motor run at 1000 rpm and 1500 rpm  
(10 marks)
    - (iii) The armature current at 1000 rpm and 1500 rpm  
(15 marks)
  - (d) At start up, the supply voltage for DC motor should be controlled to avoid large value of armature current, suggest two ways how this can be controlled?  
(20 marks)
2. The armature mmf effect is one of the undesirable effects especially in high power DC motor.
  - (a) Describe the effect of armature mmf in DC motor  
(20 marks)
  - (b) Explain two methods how armature mmf effect can be minimized in high power DC motor  
(20 marks)
  - (c) DC motor can be stopped by dynamic braking and plugging. Sketch circuit illustrate how dynamic braking and plugging works  
(30 marks)

- (d) We wish to stop a 120hp, 240V, 400 rpm dc motor by using the dynamic braking circuit. If the nominal armature current is 400A, calculate;
- (i) The value of the braking resistor R if the maximum braking current is limited to 600A.  
(10 marks)
  - (ii) The braking power (kW) when the motor has decelerated to 200 rpm, 50 rpm and 0 rpm.  
(20 marks)
3. (a) Sketch a diagram showing how inverse parallel-connected SCRs are used to control the speed of a three-phase induction motor.  
(20 marks)
- (b) List any FIVE significant features of an induction motor applications.  
(20 marks)
- (c) A three-phase, 6-pole, 10 HP, 60 Hz induction motor has a slip of 3 % at rated output power. Friction and windage losses are 300 W at rated speed. The rated total core losses are 350 W. The resistance of stator and rotor is 0.05  $\Omega$  respectively. The leakage inductance of stator and rotor is 0.15  $\Omega$  respectively. If the motor is operating at rated output power, speed, and frequency, find:
- (i) rotor speed  
(8 marks)
  - (ii) frequency of rotor currents  
(4 marks)
  - (iii) total power across air gap  
(10 marks)
  - (iv) efficiency  
(26 marks)
  - (v) applied line voltage  
(12 marks)

4. (a) A 60-Hz, three-phase synchronous motor is observed to have a terminal voltage of 460 V (line-to-line) and a terminal current of 120 A at a power factor of 0.95 lagging. The machine synchronous reactance is equal to  $1.68 \Omega$ . Assume the armature resistance is to be negligible. Calculate:

(i) the generated  $E_f$

(14 marks)

(ii) the electrical power input to the motor in kW and in horsepower

(13 marks)

Assuming the input power and terminal voltage of the motor remain constant, calculate the torque angle of the generated voltage required to achieve unity power factor at the motor terminals.

(33 marks)

- (b) With the aid of phasor diagram and equivalent circuit, derive synchronous motor power equation and express the relationship between the developed power and torque.

(40 marks)

5. (a) A DC-DC converter is used in regenerative braking of a DC series motor as shown in Figure 5. The DC supply voltage is 600 V. The armature resistance is  $R_a = 0.02 \Omega$ . The field resistance is  $R_f = 0.03 \Omega$ . The back emf constant is  $K_v = 15.27 \text{ mV/A rad/s}$ . The average armature current is maintained constant at  $I_a = 250 \text{ A}$ . The armature current is continuous and has negligible ripple. If the duty cycle of the DC-DC converter is 60 %, determine:

(i) the average voltage across the converter

(8 marks)

(ii) the power regenerated to the DC supply

(8 marks)

(iii) the maximum and minimum permissible braking speed

(20 marks)

(iv) the motor speed

(14 marks)

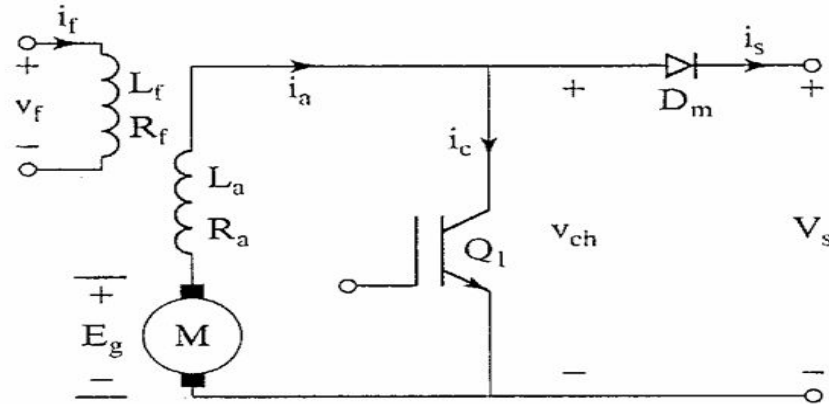


Figure 5 – Regenerative brake control circuit of a DC series motor

- (b) With the aid of a diagram, explain the operation of four-quadrant DC-DC converter drive. (50 marks)
6. (a) Explain with a neat diagram the rotor resistance control method for the speed control of a three-phase induction motor. (60 marks)
- (b) A three-phase 11.2 kW, 1750 rpm, 460 V, 60 Hz, four-pole, Y-connected induction motor has the following parameters:
- Stator resistance =  $0.1 \, \Omega$
- Rotor resistance =  $0.38 \, \Omega$
- Stator leakage inductance =  $1.14 \, \Omega$
- Rotor leakage inductance =  $1.71 \, \Omega$
- Magnetizing reactance =  $33.2 \, \Omega$
- If the breakdown torque requirement is 35 Nm, calculate:
- (i) the frequency of supply voltage (15 marks)
- (ii) the speed of motor at the maximum torque (25 marks)

**VERSI BAHASA MELAYU**

1. *Motor DC masih digunakan secara meluas di dalam industri kerana ciri-ciri yang unik. Motor DC digunakan di dalam aplikasi seperti lif bangunan, kren pengangkat, pam dan juga kenderaan hibrid;*
  - (a) *Huraikan satu kelebihan dan satu kelemahan motor DC berbanding dengan motor AC?*

(20 markah)
  - (b) *Kelajuan motor dc sesiri akan berkurang apabila suhu meningkat manakala kelajuan motor pirau dc akan bertambah apabila suhu meningkat. Terangkan?*

(25 markah)
  - (c) *Angker penjana magnet kekal motor DC mempunyai rintangan  $1\Omega$  dan menjana voltan 50V apabila berkelajuan 500 pusingan/min. Jika angker dihubungkan dengan sumber 150V, kirakan;*
    - (i) *Arus permulaan*

(10 markah)
    - (ii) *Aruhan Belakang emf apabila motor berkelajuan 1000 rpm dan 1500 rpm*

(10 markah)
    - (iii) *Aruhan angker pada kelajuan 1000 rpm dan 1500 rpm*

(15 markah)
  - (d) *Nilai Voltan sumber untuk motor DC perlu dikawal semasa permulaan untuk mengelakkan nilai arus angker yang besar, cadangkan dua cara bagaimana kawalan boleh dilakukan semasa permulaan?*

(20 markah)
2. *Kesan mmf angker adalah salah satu kesan yang tidak diingini dalam DC motor berkuasa tinggi.*
  - (a) *Terangkan kesan angker mmf di dalam motor dc berkuasa tinggi?*

(20 markah)
  - (b) *Terangkan dua kaedah bagaimana kesan mmf angker boleh dikurangkan di dalam motor dc berkuasa tinggi?*

(20 markah)

- (c) *motor dc boleh dihentikan dengan brek dinamik dan plugging. Lakaran litar menggambarkan brek bagaimana brek dinamik dan plugging beroperasi?*  
(30 markah)
- (d) *Sebuah motor elektrik berkuasa 120HP, 240V, 400 rpm akan diberhentikan dengan menggunakan litar brek dinamik. Jika nilai angker semasa nominal adalah 400A, kira;*
- (i) *Nilai brek perintang R jika nilai arus brek ialah maksimum 600A.*  
(10 markah)
- (ii) *Nilai brek kuasa (kW) jika kelajuan motor telah berkurang pada 200 rpm, 50 rpm dan 0 rpm*  
(20 markah)
3. (a) *Lakarkan gambarajah yang menunjukkan bagaimana sambungan songsang SCR secara selari boleh digunakan untuk mengawal kelajuan sesuatu motor aruhan tiga fasa.*  
(20 markah)
- (b) *Senaraikan LIMA ciri penting bagi aplikasi sesuatu motor aruhan.*  
(20 markah)
- (c) *Satu motor aruhan tiga fasa dengan enam kutub, 10 HP, 60 Hz mempunyai gelincir 3 % pada kuasa keluaran terkadar. Motor ini mengalami kehilangan geseran dan windage sebanyak 300 W pada kelajuan terkadar. Jumlah kehilangan teras terkadar adalah 350 W. Rintangan bagi pemegun dan pemutar adalah 0.05  $\Omega$  masing-masing. Kearuhan bocor bagi pemegun dan pemutar adalah 0.15  $\Omega$  masing-masing. Jikalau motor ini beroperasi pada kuasa, kelajuan dan frekuensi terkadar, kirakan:*
- (i) *kelajuan pemutar*  
(8 markah)
- (ii) *frekuensi bagi arus pemutar*  
(4 markah)
- (iii) *jumlah kuasa yang merentasi sela udara*  
(10 markah)
- (iv) *kecekapan*  
(26 markah)

(v) voltan talian kenaan

(12 markah)

4. (a) Satu motor segerak tiga fasa mempunyai voltan pangkalan sebanyak 460 V (talian-ke-talian) dan arus pangkalan sebanyak 120 A pada factor kuasa 0.95 susulan. Regangan segerak mesin ini adalah  $1.68 \Omega$ . Dengan anggapan bahawa rintangan angker boleh diabaikan, kirakan:

(i)  $E_f$  terjana

(14 markah)

(ii) kuasa elektrik masukan pada motor, kW dan kuasa kuda

(13 markah)

Dengan anggapan bahawa kuasa masukan dan voltan pangkalan tidak berubah, kirakan sudut kilas bagi voltan janaan yang diperlukan untuk mencapai faktor kuasa uniti pada pangkalan motor.

(33 markah)

- (b) Dengan bantuan gambarajah pemfasa dan litar setara, terbitkan persamaan kuasa motor segerak dan ungkapkan hubungan antara kuasa dan tork yang dibina.

(40 markah)

5. (a) Satu penukar DC-DC digunakan untuk pembrekan jana semula pada siri DC motor seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5. Bekalan voltan DC adalah 600 V. Rintangan angker adalah  $R_a = 0.02 \Omega$ . Rintangan medan adalah  $R_f = 0.03 \Omega$ . Pemalar bagi medan electromagnet balik adalah  $K_v = 15.27 \text{ mV/A rad/s}$ . Purata arus angker dikekalkan pada  $I_a = 250 \text{ A}$ . Arus angker adalah selanjar dan riak yang boleh diabaikan. Jikalau kitar tugas bagi penukar DC-Dc tersebut adalah 60 %, tentukan:

(i) purata voltan yang merentasi penukar tersebut

(8 markah)

(ii) kuasa terjana pada bekalan DC

(8 markah)

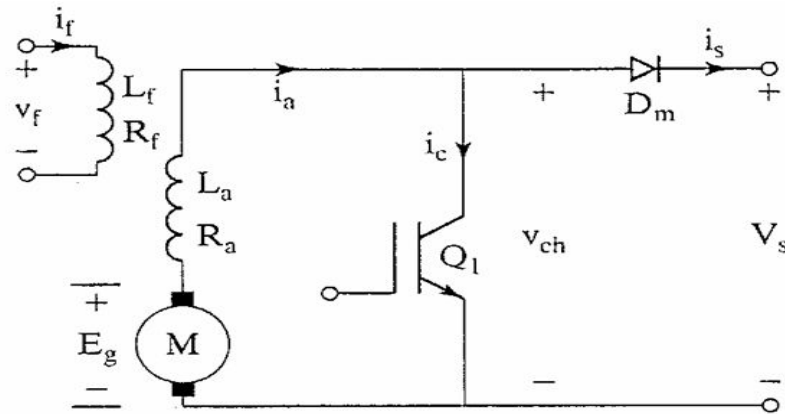
(iii) kelajuan pembrekan yang maksimum dan minimum

(20 markah)

(iv) kelajuan motor

(14 markah)





Rajah 5 – Litar kawalan bagi pembrekan jana semula pada siri motor DC

- (b) Dengan bantuan gambarajah, terangkan operasi empat sukuan pemacu bagi penukar DC-DC. (50 markah)
6. (a) Dengan bantuan gambarajah, terangkan kaedah kawalan rintangan pemutar untuk mengawal kelajuan sesuatu motor aruhan tiga fasa. (60 markah)
- (b) Satu motor aruhan tiga fasa 11.2 kW, 1750 rpm, 460 V, 60 Hz, empat kutub, Y-sambungan mempunyai parameter-parameter seperti di bawah:
- Rintangn pemegun =  $0.1 \, \Omega$
- Rintangn pemutar =  $0.38 \, \Omega$
- Kearuhan bocor pemegun =  $1.14 \, \Omega$
- Kearuhan bocor pemutar =  $1.71 \, \Omega$
- Regangan pemagnetan =  $33.2 \, \Omega$
- Jikalau kilas yang diperlukan untuk pecah tebat adalah 35 Nm, kirakan:
- (i) frekuensi bagi bekalan voltan (15 markah)
- (ii) kelajuan motor pada kilas maksimum (25 markah)